



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Patentschrift**
⑩ **DE 195 14 285 C 1**

⑤① Int. Cl. 6:
B 23 K 26/00

②① Aktenzeichen: 195 14 285.3-34
②② Anmeldetag: 24. 4. 95
④③ Offenlegungstag: —
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 20. 6. 96

F3

DE 195 14 285 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung e.V., 80636 München, DE

⑦④ Vertreter:

Anwaltskanzlei München, Rösler, Steinmann, 80689
München

⑦② Erfinder:

Beyer, Eckhard, Dr., 52159 Roetgen, DE; Krause,
Volker, Dipl.-Ing., 53639 Königswinter, DE; Küpper,
Frank, Dipl.-Ing., 52066 Aachen, DE; Treusch,
Hans-Georg, Dr., 52074 Aachen, DE; Wissenbach,
Konrad, Dr., 52146 Würselen, DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 43 16 829 A1

⑤④ Vorrichtung zum Umformen von Werkstücken mit Laserdiodenstrahlung

⑤⑦ Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß entspre-
chend über der zu verformenden Kontur des Werkstückes
eine Vielzahl von Diodenlaser angeordnet sind, die Laserlicht
direkt auf die Werkstückoberfläche richten, daß eine Detek-
toreinheit zur Erfassung der räumlichen Verformung des
Werkstückes vorgesehen ist und daß eine Auswerte- und
Regелеinheit vorgesehen ist, die in Abhängigkeit eines
Vergleichs zwischen dem Ist- und dem Soll-Verformungszu-
stand des Werkstückes Prozeßparameter für weitere Belich-
tungen ermittelt.

DE 195 14 285 C 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Umformen von Werkstücken mit Laserdiodenstrahlung.

Aus der DE 43 16 829 geht ein gattungsgemäßes Verfahren zur Materialbearbeitung mit Diodenstrahlung hervor, das sich zur Werkstückbearbeitung einer Vielzahl von Dioden, vorzugsweise von in Gruppen angeordneten Diodenarrays, bedient. Die Verwendung von Laserdioden für derartige Werkstückbearbeitungen hat gegenüber dem Einsatz von konventionellen CO₂-, Eximer-, oder Nd-YAG-Lasern den Vorteil, daß der Aufwand zum Betrieb derartiger Systeme erheblich reduziert werden kann. Überdies ist der finanzielle Einsatz und der wartungstechnische Aufwand erheblich geringer, als bei den vorstehend genannten Lasersystemen.

Aus der vorstehend genannten Druckschrift geht hervor, daß zum kontrollierten Umformen von Werkstücken die auf das Werkstück einwirkende Strahlungsenergie der Diodenlaser in Abhängigkeit der sich auf der Werkstückoberfläche ausbreitenden Temperaturverteilung und unter Berücksichtigung der durch den Verformungsvorgang bestimmte Geometrie geregelt wird. So wird in zeitlich kurzen Abständen die Temperaturverteilung ermittelt, und in Folge darauf eine entsprechend kurzzeitige Einflußnahme auf die Diodenausgangsleistung und damit auf das Strahlprofil ausgeübt.

Das durch die Laserdioden erzeugte Laserlicht wird mit Hilfe optischer Übertragungselemente, beispielsweise mit optischen Linsen oder Lichtleitfaserkabeln an die zu bearbeitende Werkstückoberfläche übertragen, wodurch jedoch erhebliche Leistungsverluste entstehen.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Umformen von Werkstücken mit Hilfe von Diodenlaserstrahlung anzugeben, bei der der optische Aufbau möglichst wenig verlustbedingte Bauteile enthält, so daß der Wirkungsgrad der Laserdioden möglichst unbeeinträchtigt bleibt.

Die Lösung der der Erfindung zugrundeliegenden Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Ansprüchen 2 ff. zu entnehmen.

Erfindungsgemäß weist eine Vorrichtung zum Umformen von Werkstücken mit Laserdiodenstrahlung eine Vielzahl von Diodenlaser auf, die entsprechend über der zu verformenden Kontur des Werkstückes angeordnet sind, so daß das Laserlicht direkt auf die Werkstückoberfläche einwirkt. Nach erfolgter, kurzzeitiger Lichteinwirkung auf das Werkstück verformt sich lokal das Werkstück aufgrund der thermisch induzierten Materialspannungen. Eine Detektoreinheit erfaßt den aktuellen räumlichen Verformungszustand des Werkstückes, beispielsweise mit Hilfe einer Holographievorrichtung. Die mit der Detektoreinheit gewonnenen räumlichen Daten des verformten Werkstückes werden im Rahmen einer Auswerte- und Regeleinheit mit einem abgespeicherten Soll-Verformungszustand verglichen, und die für die Ansteuerung der Diodenlaser erforderlichen neuen Prozeßparameter ermittelt. So werden zur weiteren Belichtung des Werkstückes durch die Laserdioden die jeweiligen Ausgangsleistungen geregelt sowie die Relativgeschwindigkeit zwischen den Laserdioden und des Werkstückes bzw. die räumliche Lage der Laserdioden zum Werkstück.

Mit Hilfe des Regelkreises, dem der Vergleich zwischen der aktuellen räumlich erfaßten Geometrie des Werkstückes, dem sogenannten Ist-Zustand, und dem

gewünschten Endzustand, dem sogenannten Sollzustand, zugrundeliegt, kann in endlichen Iterationsschritten ein gewünschter Verformungszustand hergestellt werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 Flußdiagramm zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 Anordnung zur Verformung eines Rohres;

Fig. 3 Anordnung zur Umformung eines ebenen Bauteils und

Fig. 4 Anordnung zur Erzeugung einer Kugelkalotte.

Aus Fig. 1 ist ein Ablaufplan zu entnehmen, der das erfindungsgemäße Verfahren zur Umformung von Werkstücken beschreibt. Über einem zu bearbeitenden Werkstück 1 sind an einem Roboterarm nicht weiter dargestellte Diodeneinheiten vorgesehen, deren Strahl-
lage auf die Oberfläche des zu bearbeitenden Werkstückes 1 gerichtet ist. Nach erfolgter Belichtung des Werkstückes 1 wird der räumliche Verformungsgrad mit Hilfe eines Meßstrahls erfaßt und in einer Positionserfassungseinheit wird die aktuelle Bauteilgeometrie ermittelt. Die gewonnenen Informationen werden einem Technologieprozessor zugeführt, der die Prozeßparameter für die weitere Werkstückbearbeitung ermittelt. Diese Parameter werden dem Roboter zur Lagekorrektur und kinematischen Ansteuerung weitergegeben, als auch zur Leistungsregelung der Laserdiodeneinheit verwendet.

Mit dem neu ermittelten Prozeßparameter wird ein neuer pulsformiger Belichtungsvorgang durchgeführt, der abermals zu einer weiteren Verformung des Werkstückes führt. Dieser Regelprozeß wiederholt sich so lange, bis der Ist-Zustand einem gewünschten Soll-Zustand entspricht. Überdies wird über eine Temperatursensorik zur ergänzenden Information des Prozeßablaufes die Oberflächentemperatur der Werkstückoberfläche ermittelt.

Aus Fig. 2 geht eine zirkuläre Anordnung von Diodenlasergruppen 2 hervor, die zur Verformung eines rohrförmigen Werkstückes verwendet wird. Ein mittels Strahlungsenergie lokal erwärmter Querschnitt 3 eines gegenüber der Erwärmungszone (schraffierter Bereich) langen Rohres 1, wird durch die Fließbehinderung des umgebenden Materials plastifiziert und nach der Abkühlung je nach Verfahrens- und Materialparametern aufgeweitet oder verjüngt. Die rotationssymmetrische Anordnung der einzelnen Diodenarrays 2 erlaubt eine kreisförmige Erwärmung des Querschnitts ohne Drehung des Bauteils. Werden die einzelnen Arrays so angesteuert, daß in Abhängigkeit der Polarkoordinate Φ unterschiedliche Intensitäten am Rohrfumfang eingestellt werden, so wird sich das Rohr aus der Drehachse 4 herausbiegen. Die Krümmungsrichtung der Rohrbiegung kann über das Steuern der Diodenausgangsleistung vorgegeben und gegebenenfalls über Weg-Sensoren überwacht und geregelt werden.

Wesentlich ist, daß die Laserdiodenarrays direkt gegenüber der Außenkontur des zu bearbeitenden Werkstückes angeordnet sind, ohne daß abbildende optische Elemente dazwischengeschaltet sind. Auf diese Weise wird erreicht, daß die aus der Laserdiode austretende Strahlungsenergie weitgehend verlustfrei auf die zu bearbeitende Werkstückoberfläche eindringt.

Aus Fig. 3 ist eine Laserdiodenanordnung zu entnehmen, mit Hilfe derer ebene Bauteile entlang einer Klick-

linie (siehe y-Achse) verformt werden können. Mit einer linien- oder zeilenförmigen Anordnung von Diodenarrays 2 können scharfkantige Knicke 4 oder Biegungen mit kontinuierlichen Krümmungsradius erzielt werden. Durch die Vorgabe eines Leistungsprofils entlang der Biegelinie kann die Spannungsverteilung im Werkstück so beeinflusst werden, daß ausschließlich ein erwünschtes Biegemoment M_{B1} induziert wird. Der sogenannte antiklastische Effekt, eine Verbiegung um die x-Achse (Biegemoment M_{B2}) wird durch diese Anordnung verhindert.

In der Fig. 4 ist eine Laserdiodenarrayanordnung zu entnehmen, mit der aus scheibenförmigen Werkstücken 1 Kugelkalotten hergestellt werden können. Hierzu sind in der dargestellten Weise einzelne Laserdiodenarrays 2 auf einer, die Außenkontur eines Kegelstumpfes beschreibenden Fläche beweglich angeordnet. Die Strahlrichtung der Laserdiodenarrays 2 erfolgt dabei auf die sich ausbildende Konkavseite der entstehenden Kugelkalotte. Die Diodenarrays sind derart gelagert, daß die Arrays in Abhängigkeit von der Winkelgeschwindigkeit Ω nach außen wandern. Die Bearbeitung einer kreisförmigen Scheibe 1 kann auf diese Weise mit der Winkelgeschwindigkeit Ω gesteuert werden, so daß die Lichtbeaufschlagung von innen nach außen erfolgt.

Die Relativbewegung zwischen Diodenarrays und Werkstück erfolgt entweder durch Rotation der Diodenarrays um die Drehachse bei ruhendem Werkstück oder umgekehrt durch Rotation des Werkstückes bei ruhenden Diodenarrays.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Umformen von Werkstücken mit Laserdiodenstrahlung, mit einer Detektoreinheit zur Erfassung der räumlichen Verformung des Werkstückes und einer Auswerte- und Regeleinheit, die in Abhängigkeit eines Vergleichs zwischen dem Ist- und dem Soll-Verformungszustandes des Werkstückes Prozeßparameter für weitere Belichtungen ermittelt, **dadurch gekennzeichnet**, daß entsprechend über der zu verformenden Kontur des Werkstückes eine Vielzahl von Diodenlaser angeordnet sind, die Laserlicht direkt auf die Werkstückoberfläche richten.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Prozeßparameter die Laserdiodenausgangsleistung, Relativgeschwindigkeit zwischen Laserdioden und Werkstück und/oder die räumliche Lage der Laserdioden zum Werkstück sind.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserdioden in matrixartigen Gruppen bzw. in Diodenarrays angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserdioden relativ zum zu verformenden Werkstück bewegbar sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das zu verformende Werkstück relativ zu den Laserdioden bewegbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Verformen zylindrischer Werkstücke, insbesondere Rohre, die Laserdioden rotationssymmetrisch um das zylindrische Werkstück angeordnet sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Verformen flächenhafter Werkstücke, insbesondere Bleche, längs einer Linie die Laserdioden parallel zur Biegelinie angeordnet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zum Umformen eines scheibenförmigen Werkstückes in die Form einer Kugelkalotte, die Laserdioden auf einer, die Außenkontur eines Kegelstumpfes beschreibenden Fläche beweglich angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserdioden auf die sich konkav ausbildende Scheibenoberfläche gerichtet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die senkrecht die Scheibenoberfläche durchsetzende Symmetrieachse zugleich Rotationsachse ist, um die sich die Scheibe relativ zur Laserdiodenanordnung oder umgekehrt dreht.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

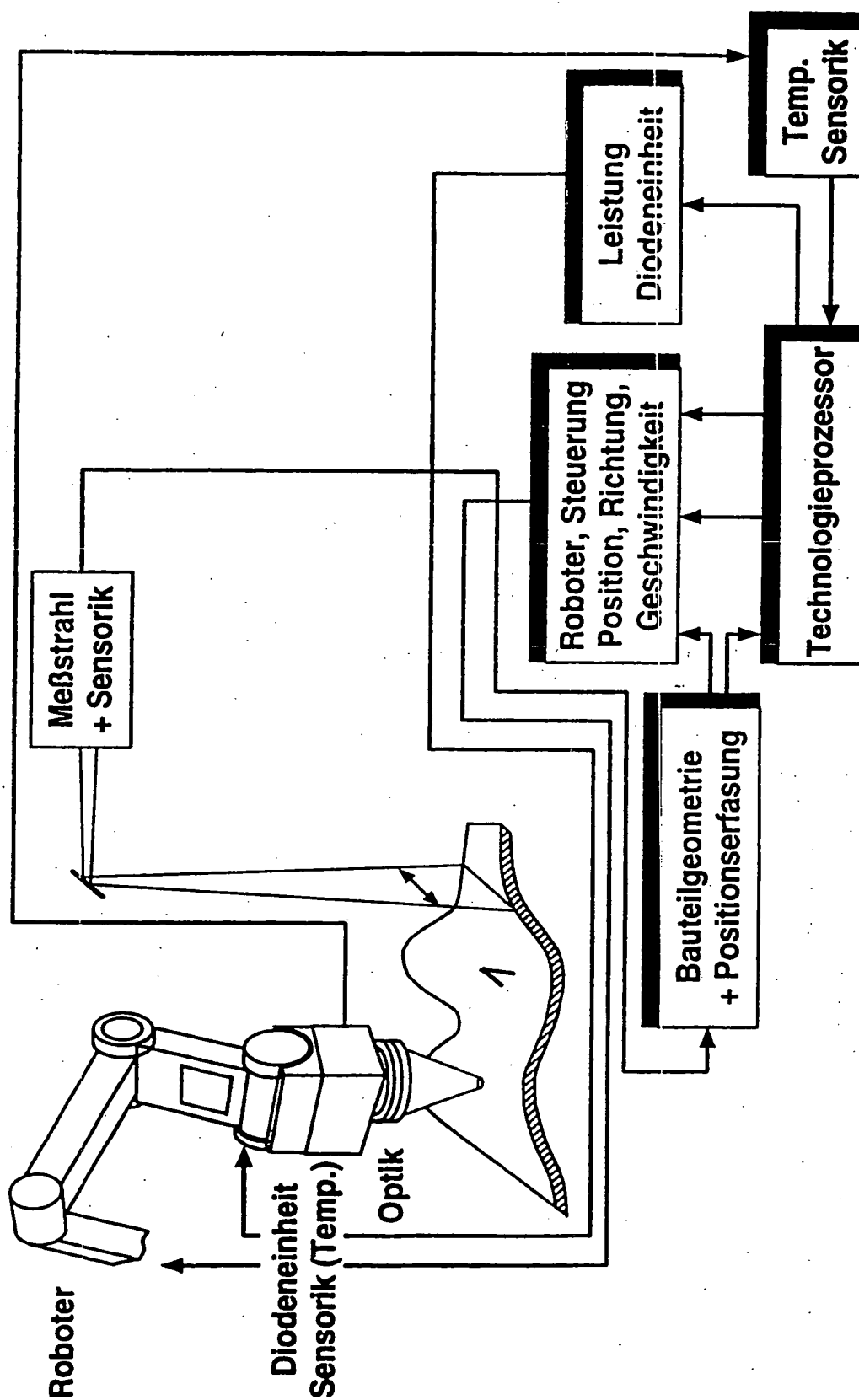


Fig. 1

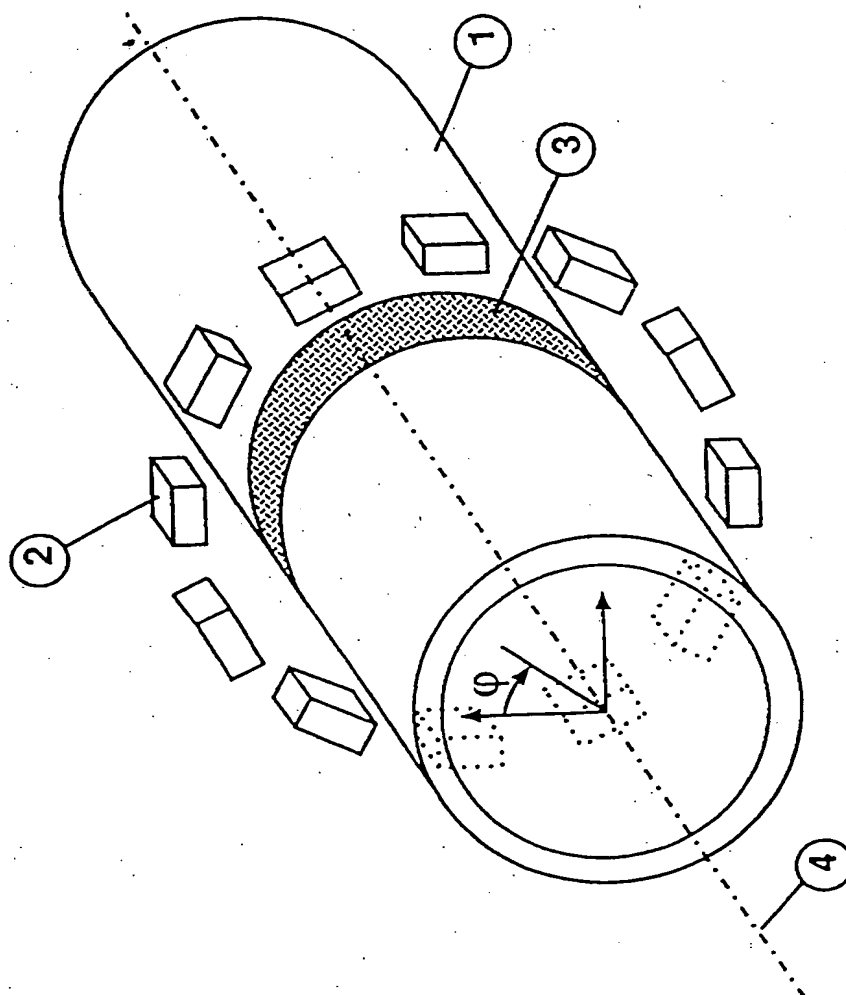


Fig. 2

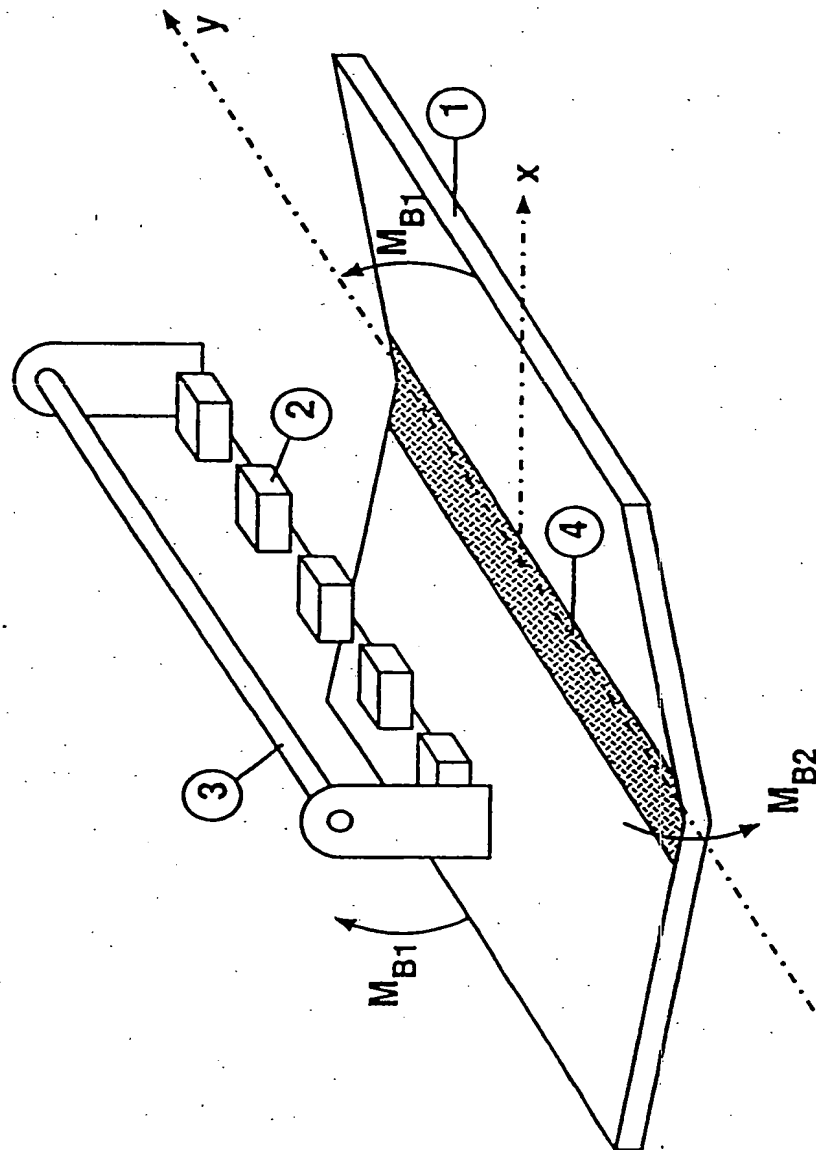


Fig- 3

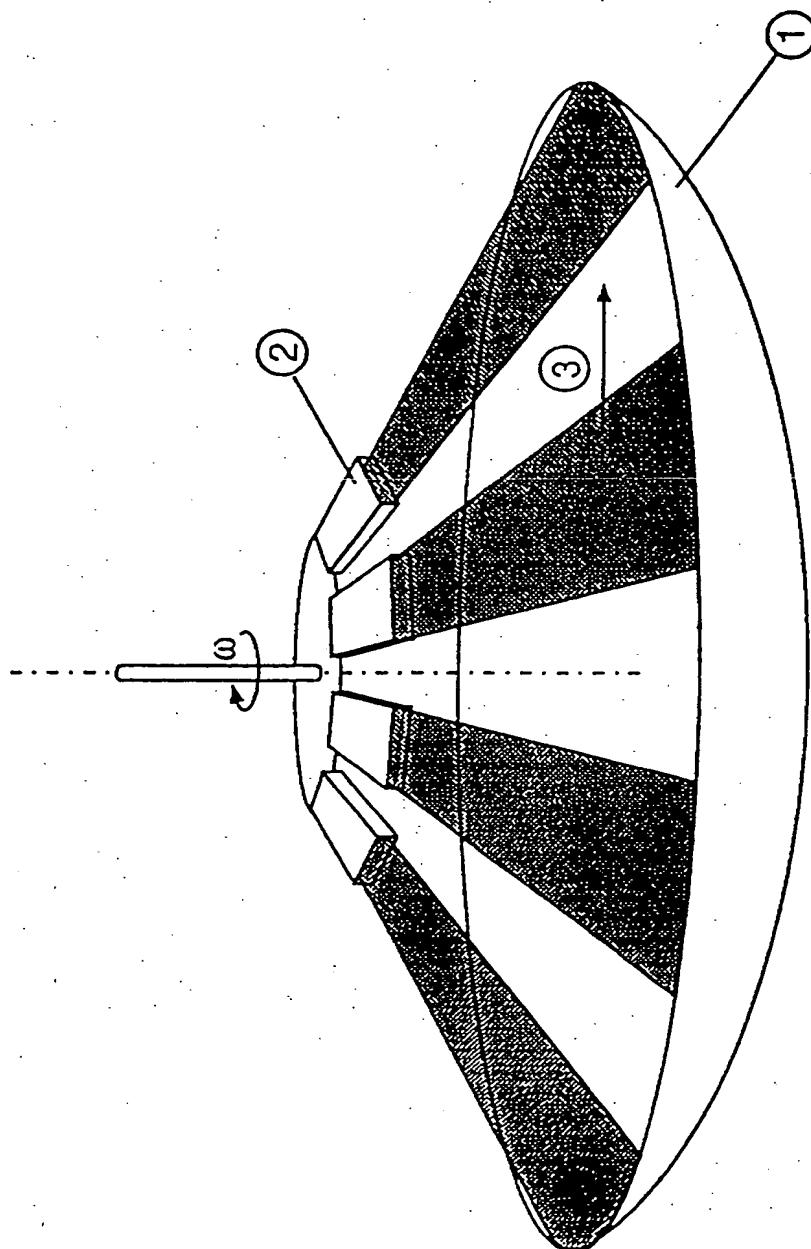


Fig- 4